

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その130）

BESTの全体像と最近の開発内容

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 130)

Overview of the BEST and Recent Development

技術フェロー	○石野 久彌（首都大学東京名誉教授）	特別会員	村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）
技術フェロー	坂本 雄三（建築研究所）	技術フェロー	松本 真一（秋田県立大学）
技術フェロー	大塚 雅之（関東学院大学）	技術フェロー	郡 公子（宇都宮大学）
技術フェロー	長井 達夫（東京理科大学）	技術フェロー	秋元 孝之（芝浦工業大学）
技術フェロー	柳原 隆司（東京電機大学）	正会員	牧村 功（名細環境・まちづくり研究室）
技術フェロー	野原 文男（日建設計）		

Hisaya ISHINO*¹ Shuzo MURAKAMI*² Yuzo SAKAMOTO *³ Shin-ichi MATSUMOTO*⁴

Masayuki OTSUKA*⁵ Kimiko KOHRI*⁶ Tatsuo NAGAI*⁷ Takashi AKIMOTO*⁸

Takashi YANAGIHARA*⁹ Isao MAKIMURA*¹⁰ Fumio NOHARA*¹¹

*¹ Tokyo Metropolitan Univ. *² IBEC *³ Building Research Institute *⁴ Akita Prefectural Univ.

*⁵ Kanto-Gakuin Univ. *⁶ Utsunomiya Univ. *⁷ Tokyo Univ. of Science *⁸ Shibaura Institute of Technology

*⁹ Tokyo Denki University *¹⁰ Naguwashi E & TP Lab. *¹¹ Nikken Sekkei Ltd

This paper describes the contents of recent development and the support activities for the users. The academic free licensing service started two years ago. The academic users gradually increases and have been contributing to the confirmation of validity of the BEST. The xml structure of simulation data and the results of simulations for offices with natural ventilation were presented as an example of the most recent development.

はじめに

BESTは2005年に国交省の支援の下、IBEC内に研究会が発足し、2008年にBEST0803プログラムが初めて公開された。同時にIBEC内にBESTの継続的開発運用支援活動を目的としたBESTコンソーシアムが設立された。その後毎年バージョンアップされ現在BEST1406が公開されようとしている。さらに普及促進のため、講習会、シンポジウム、質疑応答、講習ビデオ、アカデミックサービスなどを行っている。

1. 最近の開発状況

BESTは一つのエンジンでありながら、ユーザから見ると異なる顔を持っている。少ない入力で評価検討のできる簡易版、グラフィック入力を用いた詳細検討や省エネ法に対応した計算のできる設計版（省エネ基準対応ツールともいう）、研究用・開発用としてより詳細な検討ができる専門版（研究版ともいう）がある。その間のデータのインポートエクスポート交換が自由にできるように改良されている。

2013年度の開発・サポート内容を表1に示す。中でも平成25年省エネルギー基準に準拠した省エネ基準対応ツールは省エネ法の届出計算のみならず幅広く設計ツールとして利用できるよう改良を重ねている。Webツールに比較して計算精度が高く応用範囲が広がっている。

BESTを無償利用できるアカデミックライセンス制度が2012年度に発足し2年が経過した。アカデミックユー

ザから提出された2013年度成果報告をもとにその利用状況を分析し、結果を図1に示した。申請件数は23件、申請テーマは、各種用途建物の環境配慮手法と熱負荷・エネルギー・環境評価が多く合計16件、そのほか空調システムに着目した評価や空調シミュレータ開発、シミュレーションツール比較などの利用があった。利用ツールは、専門版の場合建築単独計算（負荷計算）が多いが、BESTを熟知したユーザによるBEST空調システム計算

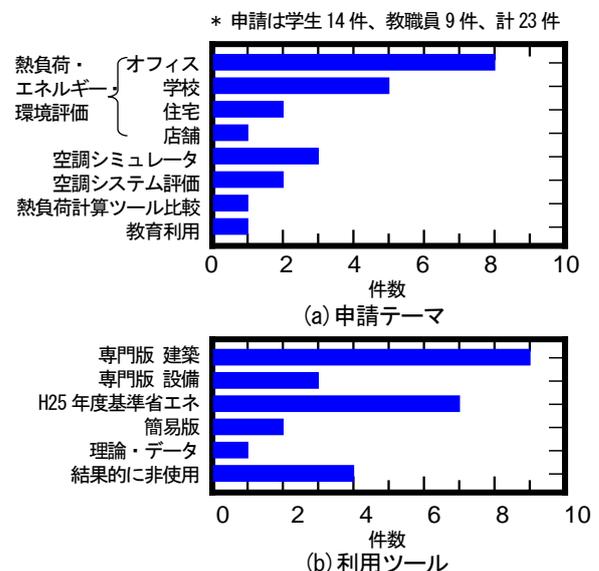


図1 アカデミックユーザのBEST利用状況(2013年度)

表1 BESTの開発・サポート内容(2013年度)

項目	開発・ユーザ支援内容
行政支援 ツール	<p>①プログラム開発：H25年省エネ基準ツール（Ver1.0.13）の機能拡張は次の通り。 (a)評価法・評価基準の検討：基準仕様の検討と新しいPALに対応したBEST-PAL*計算法の整備を行った。 (b)エンジン機能拡張：冷暖フリーパッケージ、空調CO₂制御の計算機能の充実、昼光制御における照明器具毎の発光効率と器具効率の違いの反映、蓄電池の計算機能の拡充（ピークシフト、ピークカット、出力調整制御）を行った。 (c)UI機能拡張：EXCEL入出力機能と分割合成機能の付加、計算結果の外部出力機能の充実、照合IDによる申請書類のチェック機能と届出書の整備、建築情報の画面表示機能の拡充、簡易入力に関する種々の検討を行った。</p> <p>②検証：建研簡易計算ツールとの比較、CASBEEへの適用のための感度分析、BEST-PAL*の試算と特性解析を行った。 ③解説書の整備・サポート：技術解説書（操作編及び理論編）の整備とホームページへの掲載、行政向け講習会の実施、申請窓口への説明、シンポジウムの開催を行った。 ⑤実績：申請実績4件</p>
気象	<p>①データ整備：2001～2005年の実在年気象データの整備を終え、公開した。 ②プログラム改良：2001年以降の実在年データの読み込み機能の追加、EPWデータの読み込み機能の改良を行った。 ③今後の予定：30年データからの標準年気象データの作成、2001～2010年データからの標準年気象データの作成</p>
建築	<p>①エンジン開発：ダブルスキン自然換気制御（ダブルスキン空気温度制御、開口率のスケジュール設定）に関する計算機能の追加、内壁計算における隣室側温度の設定法に関する機能追加、外側あるいは内側が複層ガラスのブラインド内蔵窓の熱・光性能値の整備とデータベース化を行った。 ②UI開発：壁の新データベースに対応する標準部材構成の整備、エンジン入力データであるXMLデータのインポート機能追加（専門版の旧バージョンや簡易版などの姉妹ツールの入力データの取り込みが可能）、壁体熱性能のユーザDBの編集機能の追加、非連成計算用の空調運転モードスケジュールの入力法の改良、操作性の向上を行った。 ③妥当性・有用性確認：放射パネル併用空調室のパネル放熱量、室内環境に関する計算値と実測値の照合、ダブルスキン、AFWをもつオフィスの冷房負荷の特性解析、建物ファサードの環境性能比較や各種照明制御のケーススタディによるBESTの有用性確認を行った。 ④建築モデリング法の検討：非空調隣室の拡張外壁置換法の提案（窓のある非空調隣室の外壁置換も可能） ⑤解説書の改訂・サポート：講習会で利用できるオフィス基準階2ゾーンモデルを対象とする例題解説書の作成、窓、壁の新データベースのHP掲載、HPのQ&Aの大改訂を行った。</p>
空調	<p>①プログラム開発：アースチューブモジュール、アースパイプモジュールの開発・実装、CO₂制御による外気導入量調整の計算法の開発・実装、放射パネルのモデル化と簡易モジュールの開発、熱源・空調機などの制御モジュールについて共通スケジュール利用の機能追加、機器特性値の表データ読込による計算方法の開発とデシカント空調機モジュールへの実装、主なモジュールのソースコードの見直しと軽量化を行った。 ②実施例調査：躯体ピットを利用したアースチューブに関する実施例の調査、放射空調の実施例の調査、放射パネルの性能に関するカタログ・文献・メーカー技術資料などの調査を行った。 ③検証と改良：改正省エネ基準対応ツールを利用した空調設備モジュールおよびシステムの動作の検証およびモジュールの改良・機能追加を行った。主な改良は次の通り。熱源・ポンプ台数制御（台数制御なしモードの追加）、PID制御モジュール（比較媒体やCO₂濃度の追加）、各種熱源機器モジュール（低負荷域の計算方法の選択機能の追加）、バイパス付き配管分岐モジュール（逆流防止機能の追加）、水モジュール（密度データの更新）、デシカント空調関連モジュール（制御信号接続の更新） ④解説書の改訂・サポート：制御マニュアルの作成、講習会テキストの改訂、ホームページのQ&A改訂を行った。</p>
衛生	<p>①プログラム機能拡充：各用途別給湯負荷パターンのプログラムへの反映、給湯使用量のシステム別集計機能の開発、一管式給湯システム（電気温水器、瞬間湯沸器等）のモジュール開発、太陽熱給湯やコージェネレーションシステムの給湯予熱利用との連成機能の実現を行った。 ②検証・改良：二管式給湯システムにおける電気熱源採用時の基準システムの見直し、入力値が能力不足の場合の警告メッセージ表示を可能にした。 ③解説書：講習会用の解説書の改訂を行った。</p>
機器特性	<p>①プログラム化支援：テストツールを用いたプログラムの機器特性に関する検証とデータ確認、放射空調の機器特性の整理と放射パネルモジュールの開発支援を行った。 ②詳細特性調査：機器の起動および停止時等の動特性に関するヒアリング項目の整理とヒアリング準備、機器の劣化が機器効率に与える影響に関する文献調査、機器待機電力に関する文献調査やメーカーヒアリング、低負荷域の機器特性に関する感度解析と代表特性案の作成を行った。 ③新機器の特性調査：ダブルバンドルチラー（メーカーから得た機器特性データを整理中）、GHPチラーの特性整理（メーカーから得た機器特性データの整理終了）、水熱源ヒートポンプ・吸収式冷凍機（メーカーヒアリング実施中）、ヒーティングタワー（メーカーヒアリング終了）、ルームエアコン（文献調査、定式化案整理）・FF式暖房機（定式化）についてデータ整備を進めた。</p>
蓄熱・蓄電	<p>【蓄熱】 ①プログラム検証と改良：省エネ基準対応ツールの動作検証、水蓄熱システムについて、二次側ヘッダー間バイパスへの逆流防止機能の追加、負荷予測方法の見直し、冷温水槽切替え用の配管接続切替え機能の追加、温度成層型蓄熱槽の密度差逆転現象ロジックの追加修正、氷蓄熱（ユニット型）について、台数制御なしモードの追加を行った。 【蓄電】 ①プログラム開発と機能検証：計算に必要なパラメータ項目の整理、種々の制御方法や状況に応じた効率変化を考慮する計算法の実装、機械室への放熱計算機能の追加、計算結果からパラメータの妥当性や制御動作の検証を行った。 ②解説書改訂：専門版、改正省エネ基準対応ツールの解説書の改訂を行った。</p>
コージェネ	<p>①計算モデルの整理：・蒸気利用システム（還水タンク、蒸気発停コントローラー）の計算モデルの整理 ②検証：発電機制御コントローラーの検証（熱主電従制御（逆潮流あり）、電主熱従制御（逆潮流なし）、発電出力一定制御に加え、発電需要や熱需要が発電機の出力下限値以下の扱いのテスト）、温水コージェネレーションシステムの年間シミュレーション結果の詳細確認と熱収支・電力収支・代表日の変動の検証、H25年BEST省エネ基準ツールに関するコージェネレーションシステム適用時の感度解析と結果の妥当性確認やCASCADEⅢとの比較、同ツールの入力項目の検討を行った。</p>

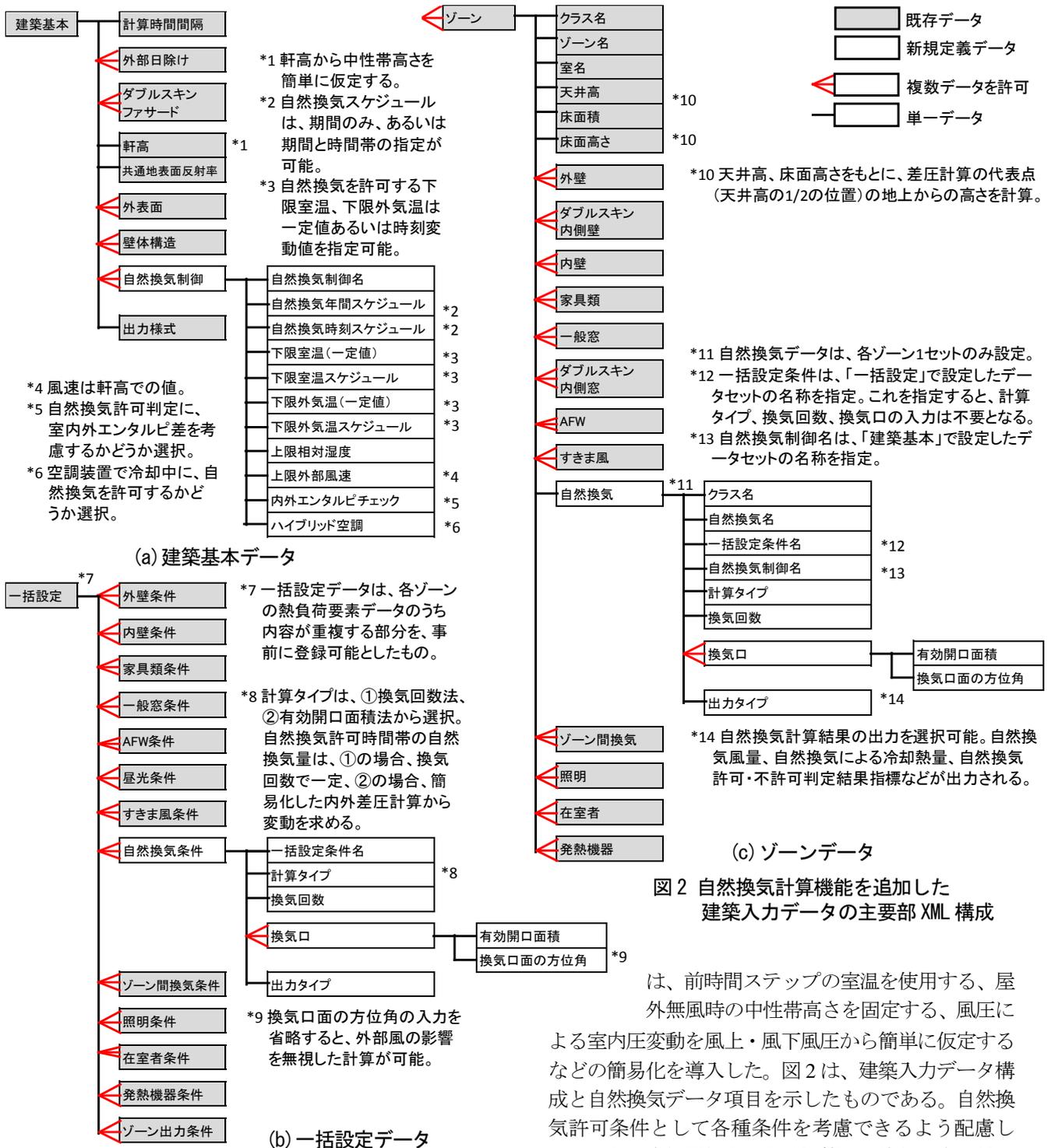


図2 自然換気計算機能を追加した建築入力データの主要部XML構成

は、前時間ステップの室温を使用する、屋外無風時の中性帯高さを固定する、風圧による室内圧変動を風上・風下風圧から簡単に仮定するなどの簡易化を導入した。図2は、建築入力データ構成と自然換気データ項目を示したものである。自然換気許可条件として各種条件を考慮できるよう配慮した。また、換気回数を与える計算と、換気口有効開口面積を与える計算の2タイプの選択ができる。

図3、4は、東京、仙台のオフィス南ゾーン(中性帯階より4階下の階)について、ナイトパーージ、自然換気併用ハイブリッド空調の効果を試算した結果である。仙台は7、8月にもハイブリッド空調の効果を期待できるのに対して、東京は期待できない。しかし、盛夏期以外の時期のナイトパーージ効果は仙台より東京の方が少し大きい。本試算では、東京の場合、年積算冷却装置負荷は、非換気時に対して、ナイトパーージにより約1割、さらにハイブリッド空調も行くと約2割の熱負荷低減効果が得られた。

と外部ツールによるCFDの連成の試みもあった。建築・設備の連成解析のためには、専門版ではなくH25年度省エネ基準対応ツールが利用される傾向が顕著であった。

2. 自然換気計算機能

ダブルスキンと並び要望の強かった自然換気計算機能を建築エンジンに付加する検討が2014年度から始まり、建築単独計算において試算が可能になった。熱・換気連成計算をせず、風量収支も解かない方針を採用し、これにより建物全体のゾーンや細部の通気特性の入力が不要となり、手軽な計算が可能となった。差圧計算で

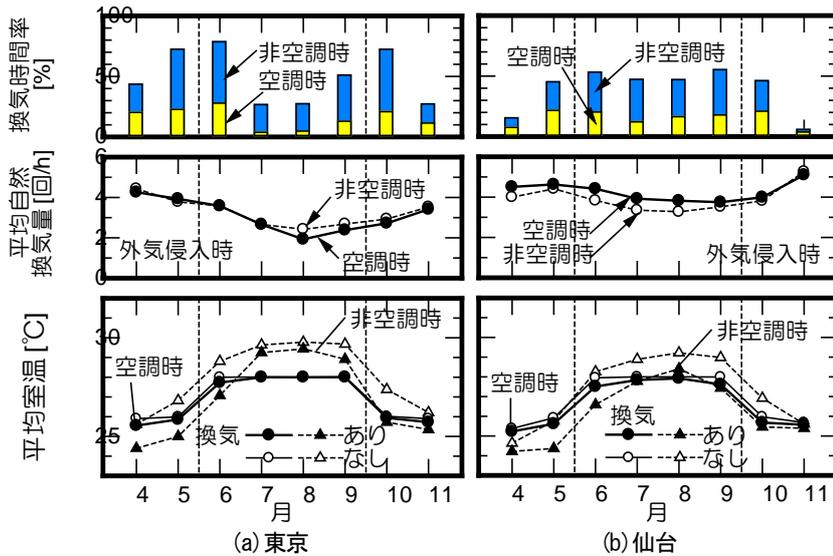


図3 ハイブリッド空調+ナイトパーズの換気状況(南ゾーン)

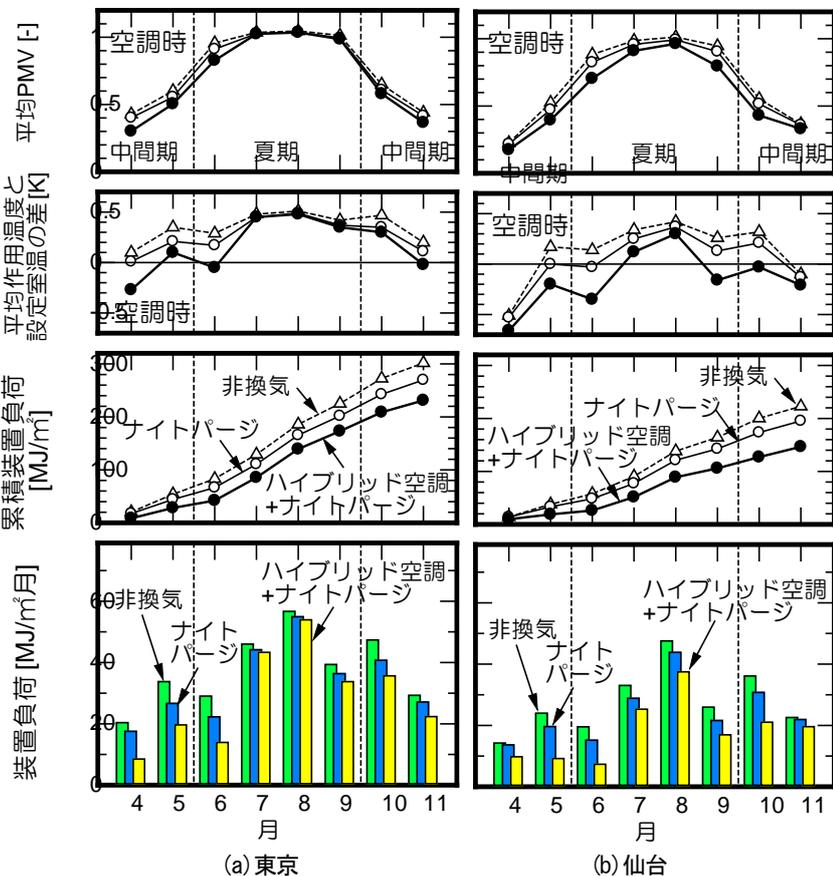


図4 ナイトパーズ、ハイブリッド空調の換気(南ゾーン)

おわりに

シミュレーションにより建物の省エネ性能、環境性能を評価検討することは、設計者・施工者・研究者として避けては通れないテーマになりつつある。BESTでは本年、省エネ基準対応ツールの発表を行い、本報では昨年の開発内容と専門版の新機能の一つとしての自然換気計算機能を紹介した。

またユーザのビデオによる BEST プログラムの学習を可能にした。

【謝辞】

本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー

【図3注記】

- 1)換気時間率とは、自然換気による外気侵入時間を1ヶ月の全時間に対する比率で表したものの。
- 2)平均自然換気量は、自然換気による外気侵入が生じた時間帯の平均換気回数で示した。
- 3)空調時、非空調時の月平均外気温度は、6、8月を例にとると、東京は6月22.7°C、21.2°C、8月28.6°C、26.1°C、仙台は東京より約3K低い。

【図3・4注記】計算条件

- 1)建物・ゾーン
軒高：32m(8階建て)、対象室：2階ペリメータ・インテリア2ゾーンオフィス断面室、窓：南向き・窓面積率70%・Low-E 複層ガラス+明色ブラインド、内部発熱(最大)：照明15W/m²、機器15W/m²、在室者0.15人/m²、人体条件：着衣量夏(6-9月)0.5clo・中間期(4・5・10・11月)0.7clo、代謝量1.2Met、気流速度0.2m/sec
- 2)空調
空調時間：8:00-20:00、設定温湿度・処理：28°C 60%・冷却除湿(夏)、26°C・冷却のみ(中間期)、外気導入：3.75CMH/m²
- 3)換気口・自然換気制御
換気口：南向き・外皮長さ当たり有効開口面積0.005 m²/m(例：外皮長さ20mのペリメータゾーンに開口面積0.5 m²、流量係数0.2の換気口を設ける場合)、換気期間：4-11月、換気時間：「ハイブリッド空調」は空調時間帯、「ナイトパーズ」は非空調時間帯、換気許可条件：下限外気温15°C・上限外気相対湿度90%、上限外部風速10m/sec、下限室温24°C(空調時間帯)・22°C(非空調時間帯)、内外エンタルピチェックあり
- 4)自然換気計算法
熱・換気連成計算は行わず風量収支も解かない。無風時の中性帯の高さを建物高さの2/3、風圧による室内圧の変化は風上・風下風圧の平均値と仮定。その他は「その132」を参照。

【文献】

- 1)石野・村上他：外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その1)~(その129)、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.1969-2040、2007.9、pp.1077-1156、2008.8、pp.639-730、2009.9、pp.2527-2590、2010.9、pp.1675-1738、2011.9、pp.1327-1398、2012.9、pp.1-72、2013.9
- 2)石野・村上他：建築エネルギー・環境シミュレーションツールBESTの開発 第1報~第29報、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1027-1042、2008.9、pp.976-1000、2009.9、pp.1293-1298、2010.9、pp.1147-1154、2011.9、pp.1211-1224、2012.9、pp.1235-1246、2013.9

消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、統合化WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。統合化WG名簿(順不同)主査：石野久彌(首都大学東京名誉教授)、委員：内海康雄(宮城工業高等専門学校)、大西晴史(関電工)、木下泰夫(日本板硝子)、野瀬暁則(大林組)、工月良太(東京ガス)、郡公子(宇都宮大学)、菟田英晴(鹿島建設)、佐藤誠(佐藤エネルギーリサーチ)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、田中拓也(大成建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀典(鹿児島大学)、野原文男、長谷川巖、滝澤総、二宮博史、丹羽勝己、久保木真俊、飯田玲香(以上、日建設計)、柳井崇、品川浩一、山本佳嗣(以上、日本設計)、事務局：生稲清久、石田真理(以上、建築環境・省エネルギー機構)